

**УДК: 539.16.04**

**МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ  $^{222}\text{Rn}$  В ПРИРОДНЫХ  
ВОДАХ**

**<sup>1</sup>Аъзам Турсунович Худайбердиев**

*<sup>1</sup>Кандидат физико-математических наук, доцент,  
университет Экономики и педагогики, Карши*

**METHODS FOR DETERMINING  $^{222}\text{Rn}$  CONTENT IN NATURAL  
WATERS**

**<sup>1</sup>Azam Tursunovich Khudaiberdiev**

*<sup>1</sup>Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor,  
University of Economics and Pedagogics*

**АННОТАЦИЯ**

*В статье рассматриваются особенности определения содержания радона -  $^{222}(\text{Rn})$  в природных и питьевых водах с применением сцинтилляционного метода анализа.*

*В работе описаны физические основы сцинтилляционного метода, принципы регистрации гамма-излучения радона и его дочерних продуктов распада, а также особенности пробоотбора и подготовки образцов воды.*

*Приведён анализ чувствительности метода, его метрологических характеристик и сравнительная оценка с альтернативными способами определения радона.*

*Полученные результаты могут быть использованы при экологическом контроле, санитарно-гигиенической оценке качества воды и разработке мероприятий по снижению радиационных рисков.*

**ABSTRACT**

*This article examines the specifics of determining radon-222 ( $^{222}\text{Rn}$ ) levels in natural and drinking water using scintillation analysis. This paper describes the physical principles of the scintillation method, the principles of recording gamma radiation from radon and its progeny, as well as the specifics of water sampling and sample preparation. An analysis of the method's sensitivity, its metrological characteristics, and a comparative assessment with alternative radon detection methods are provided. The scintillation method has been shown to provide highly accurate, rapid, and reliable measurements for monitoring the radiation safety of*

*water bodies. The results obtained can be used in environmental monitoring, sanitary and hygienic assessment of water quality, and the development of measures to reduce radiation risks.*

**Ключевые слова:** *Радон-222; сцинтилляционный метод; радиационный контроль; природные воды; гамма-излучение; дочерние продукты распада; радиационная безопасность; мониторинг окружающей среды; удельная активность; пробоотбор воды.*

**Key words:** *Radon-222; scintillation method; radiation monitoring; natural waters; gamma radiation; decay daughter products; radiation safety; environmental monitoring; specific activity; water sampling.*

Природные воды характеризуются многообразием макро- и микроэлементного состава, в том числе радионуклидного и, в связи с ежедневным потреблением, являются существенным источником естественного радиационного облучения человека. Образцы питьевой воды могут содержать различные естественные и искусственные радионуклиды в разных концентрациях [1].

Количество лабораторий в мире, имеющих возможность определение радионуклидного состава питьевой воды, недостаточно для организации массовых анализов. Поэтому на практике в основном применяются подходы, основанные на скрининге питьевой воды в отношении ее общей альфа- и бета-активности, рекомендованные международными организациями [2]. При этом эффективная доза внутреннего облучения населения, обусловленная потреблением питьевой воды, регламентируется на уровне 0,1 м<sup>3</sup>/год, а суммарная альфа- и бета-активность 0,1 Бк/л и 1 Бк/л, соответственно.

В настоящей работе приведены результаты определения радиоактивности <sup>222</sup>Rn в образцах природных вод методом сцинтилляционной  $\gamma$ -спектрометрии [3].

Радон является радиоактивным инертным газом природного происхождения, образующимся в цепи распада урана-238 и представляющим потенциальную радиационную опасность для здоровья человека при его накоплении в водной среде и последующем высвобождении в атмосферу помещений. Радиоактивность <sup>222</sup>Rn ( $T_{1/2}=3,83$ дн) обусловлена распадом его дочерних радионуклидов, а его материнский РН <sup>226</sup>Ra имеет только один собственный  $\gamma$ -переход с  $E_{\gamma}=186$ кэВ.

Это обстоятельство позволяет по двум измерениям  $\gamma$ -спектра пробы

воды и сопоставлений их разности со спектром эталонного источника ОМАСН  $^{226}\text{Ra}$  определить удельную активность содержащегося в пробе  $^{222}\text{Rn}$ . Действительно, положив для простоты  $t_2 - t_1 = T_{1/2}(^{222}\text{Rn}) = 3.83$  дн, где  $t_2$  и  $t_1$  начало первого и второго измерения спектра пробы (время измерения  $\Delta t \ll T_{1/2}$ ), последние можно представить в виде

$$S_1 = S(\text{Rn}) + S(\text{другие EPH}) + S(\text{фон}) \text{ и } F$$

$$S_2 = S(\text{Rn})/2 + S(\text{другие EPH}), F$$

где  $S(\text{Rn})$  и  $S(\text{другие EPH})$  спектры связанные распадом  $^{222}\text{Rn}$  и других долгоживущих естественных радионуклидов, а  $F$  – спектр фона. А их удвоенная разность  $S(\text{Rn}) = 2(S_1 - S_2)$  соответствует спектру полного «чистого» спектра  $^{222}\text{Rn}$ , содержащегося в пробе. Сравнения интенсивности этого спектра эталонного источника  $^{226}\text{Ra}$  после вычета из последнего фонового  $F$  вклада

$$S_3(\text{Ra}) = S(E_\gamma = 186 \text{кэВ}) + S_3(^{222}\text{Rn})$$

позволяет установить удельную активность  $^{222}\text{Rn}$  в пробе на момент  $t_1$  начало первого измерения [4]

$$A_{11}(^{222}\text{Rn}) = A_3 S(^{222}\text{Rn}, > 186 \text{кэВ}) / S_3(\text{Ra}, > 186 \text{кэВ}),$$

а затем и на момент отбора пробы.

$$A_0(^{222}\text{Rn}) = A_{11} e^{(-0.693 t_1 / T_{1/2})}$$

Полученные иллюстрации результатов исследования приведены на рис.1.

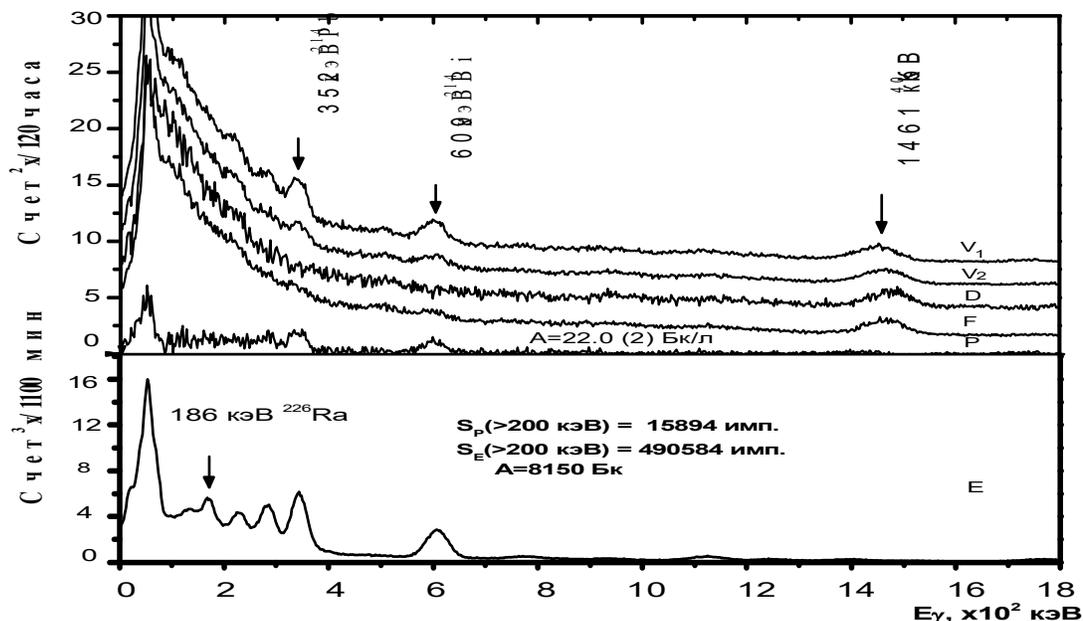


Рис 4. Сцинтилляционные спектры  $V_1(t_1)$  и  $V_2(t_2)$  пробы воды ( $t_2-t_1=3.83$ сут), "чистый" спектр  $^{222}\text{Rn}-P=(V_1-V_2)$ , долгоживущих ЕРН -  $D=V_1-2P$ , -фона - F,  $^{226}\text{Ra}$  - E.

Где,  $V_1$  и  $V_2$  -  $\gamma$ -спектры пробы воды, измеренные с интервалом 3,83 сут. (время измерения  $\Delta t=2$ час), P - «чистый» спектр  $^{222}\text{Rn}$ , спектр после распада  $^{222}\text{Rn}$  (долгоживущие ЕРН и фон), E - спектр эталонного источника  $^{226}\text{Ra}$  с вычетом спектра фона и шумов и F – спектр фона.

Таким образом видно, что даже в двухчасовых измерениях и несмотря на малую статистику, метод «чистого» спектра позволяет с приемлемой точностью определить относительно низкую удельную активность в пробе.

## ЛИТЕРАТУРА

1. UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiations), 2000. Sources and effects of ionizing radiation. Report to the General Assembly, United Nations, New York)
2. WORLD HEALTH ORGANIZATION, Guidelines for Drinking-water Quality, 3rd ed., Vol. 1: Recommendations, WHO, Geneva (2004)
3. Мухамедов А., Потешкин Г.В., Салихбаев У.С., Хазратов Т., Дорейфеев А.А., Муминов И.Т., Рашидова Д.Ш., Холбоев И.  $\gamma$ -спектрометрическое определение содержаний естественных радионуклидов в природных водах, АТОМНАЯ ЭНЕРГИЯ, Т 86, вып. 1, 1999, с-36-40.

4. Худайбердиев А.Т. Радиоактивность и элементный состав некоторых объектов природной среды Узбекистана. Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.ф.-м.н. 2006 г.